

## ハイブリッド治療における流入動脈の血流改善を目的とした 血管内治療の妥当性についての検討

小野原俊博 赤岩 圭一 古山 正

**要 旨**：当科におけるハイブリッド治療症例 42 例について長期予後の観点からその有用性について検討を行った。外科的血管再建術は、大腿-大腿動脈交叉 (FF) バイパス 13 例、大腿動脈内膜切除 (FEA) 9 例、そけい部以下バイパス 20 例であり、血管内治療は全例で外科的血管再建術の中枢側動脈に対して行った。3 年一次開存率は、FF バイパス 89%、FEA 89%、そけい部以下バイパス 73% であり、ハイブリッド治療なしの同一術式の症例と遜色のない妥当な長期成績であった。(J Jpn Coll Angiol, 2011, 51: 393-399)

**Key words**: hybrid revascularization procedure, peripheral arterial disease, open reconstructive procedure, endovascular therapy

### はじめに

近年、末梢動脈疾患(閉塞性動脈硬化症)症例の増加とともに多発性動脈病変を有する症例も増加しており、これに伴い、症例が重症化し、一方でハイリスク化していると考えられる。このような多発性動脈病変の治療に当たっては、血管内治療と外科的血管再建術を併用するハイブリッド治療が、術式を単純化・低侵襲化するうえでは有用な治療であり、近年報告例が増加している<sup>1-3)</sup>。当科における多発性動脈病変の治療においても、中枢側病変、とくに、腸骨動脈病変に対しては、可能な限り血管内治療を行い、流入動脈の血流改善を図り、大腿動脈およびその末梢動脈の血管再建を行うことを基本方針としている。そけい部以下の血管内治療については、原則として A または B 型病変に対して行っているため、ハイブリッド治療における血管内治療は中枢側に対するものが主体であるのが、現状である。このような当科におけるハイブリッド治療症例について長期予後の観点からその有用性について検討を行った。

### 対象と方法

2003 年 1 月から 2009 年 12 月までの間、慢性動脈閉

塞症に対する血管再建術症例中、多発病変に対して血管内治療と外科的血管再建術を併用したハイブリッド治療症例は 42 例であった。血管内治療は、全例で外科的血管再建術式の中枢側動脈に対して行っており、腸骨動脈に対する血管内治療が 41 例であり、浅大腿動脈に対しての血管内治療は 1 例のみであった。全例で血管内ステントを使用していた。外科的血管再建術の内訳は、大腿-大腿動脈交叉バイパス(以下、FF バイパス)13 例、大腿動脈内膜切除(以下、FEA)9 例、そけい部以下バイパスは 20 例であり、そけい部以下バイパスのうち膝上膝窩動脈バイパスは 16 例、膝下膝窩動脈バイパス術 2 例、下腿動脈バイパス術は 2 例であった。同時期に行われた同様の外科的血管再建術式の症例が合計 200 例(FF バイパス 29 例、FEA 13 例、そけい部以下バイパス 158 例)あり、これを対照群として、基礎疾患の頻度などの背景因子および長期成績を比較した。

### 結 果

#### 1. 全症例の内訳 (Table 1)

対照群も含めた全 242 例に対するハイブリッド群の相対頻度は 17% であった。ハイブリッド群と対照群ともに、平均年齢 70 歳以上で、男性優位、重症虚血肢は

**Table 1** Clinical characteristics of all cases

Parameters	Hybrid operation (n=42)	Bypass alone (n=200)	p-value
Age (years)	74.4±8.3	72.5±9.7	0.2317
Gender			0.1311
- Male	30 (71%)	165 (83%)	
- Female	12 (29%)	35 (18%)	
Hypertension	30 (71%)	138 (69%)	0.8548
Diabetes	17 (40%)	91 (46%)	0.6098
Coronary disease	12 (29%)	48 (24%)	0.5575
Cerebrovascular disease	16 (38%)	138 (69%)	0.8548
Hemodialysis	4 (10%)	25 (13%)	0.7947
Operative indication			0.7228
- Claudication	16 (38%)	69 (35%)	
- Limb salvage	26 (62%)	131 (66%)	
As secondary operation	2 (5%)	23 (12%)	0.2682
Reconstructive procedures			<0.0001*
- FF bypass	13 (31%)	29 (15%)	
- FEA	9 (21%)	13 (7%)	
- Infrainguinal bypass	20 (48%)	158 (79%)	

Categorical variables listed as *n* (%); continuous/ordinal variables listed as the mean±SD. FF bypass: femorofemoral crossover bypass; FEA: femoral endarterectomy; \*: infrainguinal bypass versus other procedures.

65%前後を占めていたが、両群に差はなかった。また、併存疾患の合併頻度にも差はなかった。外科的血行再建術式の内訳でみると、ハイブリッド群におけるそけい部以下バイパスの割合が48%であったのに対して、対照群では明らかにそけい部以下のバイパス症例の頻度(79%)が高かった。

全症例の一次開存率、二次開存率、生存率は、それぞれ、1年81%、86%、94%、2年74%、83%、89%、および、3年69%、79%、83%であった。ハイブリッド群の一次および二次開存率は、それぞれ、1年94%、94%、および、3年76%、94%であったのに対して、対照群で1年79%、84%、および、3年67%、76%であり、ハイブリッド群の開存率が高かったが、一次開存率の有意差はなく( $p=0.0574$ )、二次開存率においてのみ有意差があった( $p=0.0392$ )。生存率においては、ハイブリッド群と対照群に差はなかった。外科的血行再建術の術式の内訳が異なっており、このことが開存率に影響を与えている可能性があるため、以下に術式別に両群間の比較を行った。

## 2. FFバイパスにおける検討(Table 2, Fig. 1)

両群間で平均年齢、併存疾患の合併頻度、重症虚血の頻度に差はなかったが、ハイブリッド群で女性の頻度

(13例中4例)が高かった( $p=0.0259$ )。一次および二次開存率は、それぞれ、ハイブリッド群1年100%、100%、および、3年89%、100%で、対照群は1年96%、100%、および、3年89%、92%であり、両群間の開存率に差はなかった。ハイブリッド群の1例で血管内治療を施行した腸骨動脈の再狭窄を来し、腋窩-大腿動脈バイパスを行い修復した。

## 3. FEA症例における検討(Table 3, Fig. 2)

両群間の背景因子に差はなかった。ただし、ハイブリッド群で、女性(9例中4例)と重症虚血肢(9例中6例)の頻度が高く、対照群で平均年齢が若い(67.9歳)傾向にあった。一次開存率は、ハイブリッド群1年89%、3年89%で、対照群は1年100%、3年100%であり、両群間の開存率に差はなかった。なお、修復術を行った症例はなく、一次開存率と二次開存率は同一であった。

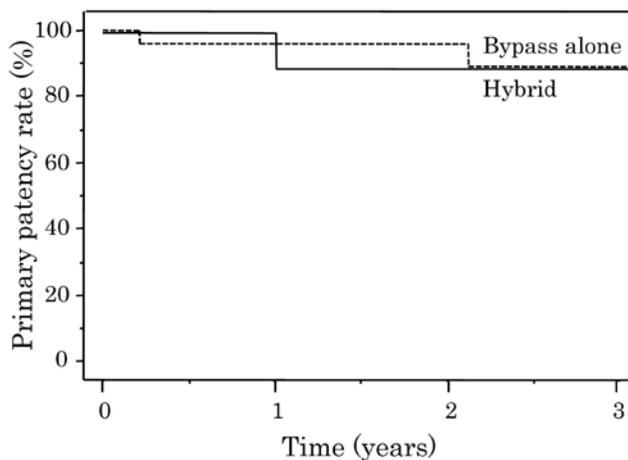
## 4. そけい部以下バイパスにおける検討(Table 4, Fig. 3)

両群間の背景因子に差はなかったが、膝上膝窩動脈バイパスの頻度は、ハイブリッド群で83%であったのに対して、対照群の頻度は低かった(51%、 $p=0.0171$ )。一次および二次開存率は、それぞれ、ハイブリッド群1年93%、93%、および、3年73%、93%で、対照群は1年

**Table 2** Clinical characteristics of cases with femorofemoral crossover bypass

Parameters	Hybrid operation (n=13)	Bypass alone (n=29)	p-value
Age (years)	77.5±9.7	76.3±9.4	0.7268
Gender			0.0259
- Male	9 (69%)	28 (97%)	
- Female	4 (31%)	1 (3%)	
Hypertension	9 (69%)	21 (72%)	>0.9999
Diabetes	5 (38%)	11 (38%)	>0.9999
Coronary disease	2 (15%)	7 (24%)	0.6953
Cerebrovascular disease	4 (31%)	11 (38%)	0.7387
Hemodialysis	0 (0%)	5 (17%)	0.3020
Operative indication			0.7482
- Claudication	5 (38%)	13 (45%)	
- Limb salvage	8 (62%)	16 (55%)	
As secondary operation	0 (0%)	3 (10%)	0.5402

Categorical variables listed as *n* (%); continuous/ordinal variables listed as the mean±SD.



**Figure 1** Primary patency in cases with femorofemoral crossover bypass. There is no statistical difference between the two groups.

74%, 80%, および, 3年 61%, 71%であり, 両群間の開存率に差はなかった。また, 対照群で膝上膝窩動脈バイパスに限ると, 一次開存率は1年 83%, 3年 68%であった。閉塞もしくは閉塞しつつあるバイパスに対する治療は, グraftおよび吻合部に対する修復手術が主体であった。

## 考 察

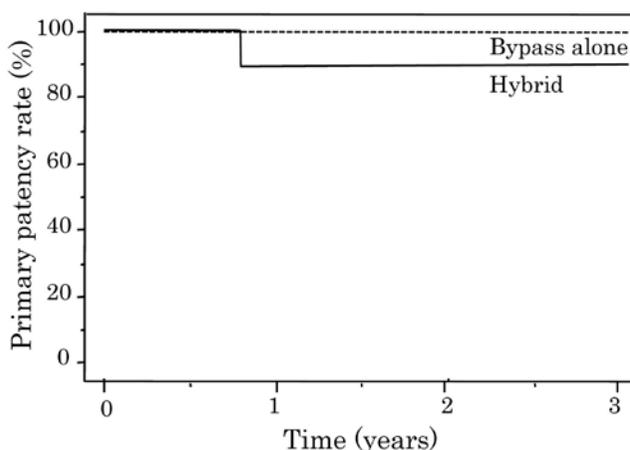
低侵襲な血管内治療の登場は, 末梢動脈疾患の治療

において大きなインパクトを与えており, 近年, 血管内治療の症例数が増加しているのみばかりか<sup>4,6)</sup>, 従来は外科的治療の対象であったびまん性の病変に対しても適応を拡大しつつある<sup>7,8)</sup>。すなわち, 虚血肢に対する侵襲的な治療を考慮する場合, 血管内治療が第一選択の治療方法となりつつある。しかしながら, 血管内治療はすべての症例に対して施行可能ではなく, 病変の部位や形態学的条件により制約を受ける。したがって, 血管内治療と外科的血管再建術を併用するハイブリッド治療は, 有

**Table 3** Clinical characteristics of cases with femoral endarterectomy

Parameters	Hybrid operation (n=9)	Bypass alone (n=13)	p-value
Age (years)	71.8±9.4	67.9±10.8	0.3973
Gender			0.1159
- Male	5 (56%)	12 (92%)	
- Female	4 (44%)	1 (8%)	
Hypertension	7 (78%)	10 (77%)	>0.9999
Diabetes	3 (33%)	8 (62%)	0.3870
Coronary disease	2 (22%)	4 (31%)	>0.9999
Cerebrovascular disease	2 (22%)	2 (15%)	>0.9999
Hemodialysis	2 (22%)	2 (15%)	>0.9999
Operative indication			0.0789
- Claudication	3 (33%)	10 (77%)	
- Limb salvage	6 (67%)	3 (23%)	
As secondary operation	0 (0%)	0 (0%)	-

Categorical variables listed as *n* (%); continuous/ordinal variables listed as the mean±SD.



**Figure 2** Primary patency in cases with femoral endarterectomy. There is no statistical difference between the two groups.

用で現実的なアプローチである。この治療は、1970年代にFFバイパスの流入動脈である腸骨動脈に血管形成術を併施する術式としてPorterらにより報告された<sup>9)</sup>。近年のハイブリッド治療の症例数の増加には、血管内ステントの使用によりバルーン拡張単独治療と比較し成績が向上したことや、血管内治療を血管外科医自身が施行するようになってきたことが寄与しているものと考えられる<sup>3)</sup>。最近の本邦、および、欧米の報告では、外科的血管再建術を行った症例の15~19%にハイブリッド治療が

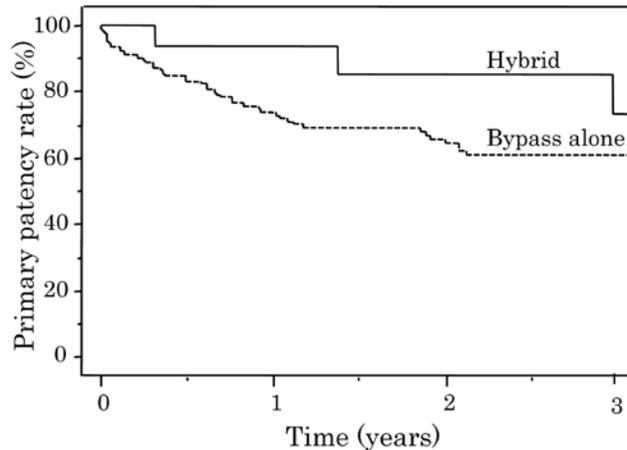
行われており<sup>2,3)</sup>、今回の検討でも外科的血管再建術症例に占めるハイブリッド治療の相対頻度は17%であった。

ハイブリッド治療症例における外科的血管再建術式のなかでもFFバイパスは、その中枢側腸骨動脈に血管内治療を併施するハイブリッド治療として、以前から頻用されている治療法である<sup>9)</sup>。本検討でも、ハイブリッド群の31%をFFバイパス症例が占めていた。一方、FFバイパス全42例中に占めるハイブリッド症例の割合は31%であった。従来は大動脈-両大腿動脈バイパスの適応で

**Table 4** Clinical characteristics of cases with infrainguinal bypass

Parameters	Hybrid operation (n=20)	Bypass alone (n=158)	p-value
Age (years)	73.7±6.5	72.2±9.5	0.4992
Gender			>0.9999
- Male	16 (80%)	125 (79%)	
- Female	4 (20%)	33 (21%)	
Hypertension	14 (70%)	107 (68%)	>0.9999
Diabetes	9 (45%)	72 (46%)	>0.9999
Coronary disease	8 (40%)	37 (23%)	0.1687
Cerebrovascular disease	10 (50%)	53 (34%)	0.2133
Hemodialysis	2 (10%)	18 (11%)	>0.9999
Operative indication			0.3144
- Claudication	8 (40%)	46 (29%)	
- Limb salvage	12 (60%)	112 (71%)	
As secondary operation	2 (10%)	20 (13%)	>0.9999
Reconstructive procedures			0.0171*
- F-P (AK) bypass	16 (80%)	81 (51%)	
- F-P (BK) bypass	2 (10%)	26 (16%)	
- F-T bypass	2 (10%)	51 (32%)	

Categorical variables listed as *n* (%); continuous/ordinal variables listed as the mean±SD. F-P (AK) bypass: femoropopliteal above-the-knee bypass; F-P (BK) bypass: femoropopliteal below-the-knee bypass; F-T bypass: femoro-tibial bypass; \*: F-P (AK) bypass versus other bypasses.



**Figure 3** Primary patency in cases with infrainguinal bypass. There is no statistical difference between the two groups.

あった両側性腸骨動脈病変に対するハイブリッド治療症例も含まれていた。ハイブリッド群と対照群との長期開存性には差がなく、われわれが最近報告した片側性腸骨動脈病変に対するFFバイパスの長期成績とも同等であった<sup>10)</sup>。腸骨動脈に対する血管内治療の併施が開存率

の向上に寄与していたものと考えられた。

FEAについては、欧米からの最近の報告でハイブリッド治療症例の多くを占める血行再建術式である<sup>1,3)</sup>。本検討でのFEA症例はハイブリッド群の21%を占めていたが、ハイブリッド群と対照群との背景因子を比較する

と、対照群はハイブリッド群より年齢は若く、男性がほとんどで、糖尿病の頻度は高く、重症虚血肢は少ない傾向にあり、有意差はないが、背景因子が異なっていた。FEA 単独治療の対象となる総大腿動脈のみに病変が限局する症例は、末梢動脈疾患症例のなかでは、特異的な臨床像をもつものであることが示唆された。一方、ハイブリッド治療群においては、腸骨動脈へ及ぶ病変の適応拡大が得られ、対照群である限局性病変に対する手術と同等な長期成績が得られた。総大腿動脈の病変に対しての血管内治療は限界があるので、今後、わが国でも FEA を施行するハイブリッド治療の症例数は増加する可能性がある。

ハイブリッド群でそけい部以下バイパスを施行した症例は膝上膝窩動脈バイパスの頻度が 80% と高く、一方、対照群では膝上膝窩動脈バイパスが 51% に過ぎず、膝下膝窩動脈以下の遠位バイパスの占める割合が大きくなっていった。本検討におけるそけい部以下バイパスの病変分布は、ハイブリッド群と対照群で異なっていたものと考えられる。このことが長期成績に影響を与えている可能性があるが、対照群や対照群の中でも膝上膝窩動脈バイパスのみと比較しても、ハイブリッド群の長期開存率は、有意差はないものの良好であった。しかしながら、そけい部以下バイパスは FF バイパスや FEA と比較すると、バイパス自体の開存性が十分満足のいくものではない点が問題点である。

本検討では 42 例中 41 例で腸骨動脈に対する血管内治療が行われており、そけい部以下の血管内治療については、浅大腿動脈に対するステント治療と膝窩動脈を中枢側動脈とする下腿動脈バイパスを併施した 1 例のみであった。浅大腿動脈の血管内治療と膝窩動脈から下腿動脈へのバイパスを併施する治療法は、短い静脈グラフトでの下腿動脈バイパスが可能となるので、採取できる静脈グラフトが十分な長さを確保できない場合で、遠隔成績が良好ではない人工血管の使用を回避できる利点がある。Schneider らは、静脈グラフトを用いた下腿動脈バイパス術症例 110 例中 12 例で浅大腿動脈に血管内治療を併施した膝窩-下腿動脈バイパス術を施行しており、その 2 年一次開存率は 76% であり、浅大腿動脈の血管内治療を伴わない大腿-下腿動脈バイパス術や膝窩-下腿動脈バイパス術症例と同等の成績であったと報告している<sup>11)</sup>。また、浅大腿動脈以下の血管内治療を併施するハイブリッド治療としては、外科的血管再建術の流出動

脈に対する治療もあり、run-off の改善によりグラフト流量を増大させることでバイパスの長期開存性を向上させることが期待される。過去にわれわれは、膝窩動脈の血管内治療を併施した膝上膝窩動脈バイパス 27 例の長期成績を報告した<sup>12)</sup>。その一次開存率は 1 年 69%、5 年 51% であり、同時期に施行された膝下膝窩動脈バイパス 23 例と同等の成績であった。また、膝上膝窩動脈バイパス閉塞 10 例中 4 例で膝窩動脈の再狭窄が閉塞原因であった。浅大腿動脈以下への血管内治療を併施したハイブリッド治療の問題点は、腸骨動脈の血管内治療は良好な長期開存性を有するのに対して、そけい部以下の血管内治療の長期開存性は良好とは言えない点である<sup>13,14)</sup>。とくに、TASC II D 大腿膝窩動脈病変に対する血管内治療の長期成績は 2 年一次開存率がわずかに 27.5% との報告もあった<sup>14)</sup>。浅大腿動脈以下の血管内治療を併用するハイブリッド治療が長期成績の面でも妥当性を得るためには、血管内治療の技術的な改良、もしくは、再狭窄の予防の向上により現状よりも長期成績が改善することが必要である。

## 結 語

ハイブリッド治療症例とハイブリッド治療なしでの同一外科的血管再建術式症例を対照として、長期成績の比較を行った。ハイブリッド治療症例の長期開存率は、対照群と比較し遜色のないものであり、ハイブリッド治療は長期成績からみても妥当な血管再建術式であると考えられた。

本論文の要旨は、第 51 回日本脈管学会総会(2010 年 10 月、旭川)において発表した。

## 文 献

- 1) Antoniou GA, Sfyroeras GS, Karathanos C, et al: Hybrid endovascular and open treatment of severe multilevel lower extremity arterial disease. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2009; **38**: 616-622
- 2) 安原 洋, 服部隆司, 重田 治: 腸骨動脈の血管内治療併用ハイブリッド血管再建術の背景因子検討. *日血外会誌* 2009; **18**: 487-493
- 3) Dosluoglu HH, Lall P, Cherr GS, et al: Role of simple and complex hybrid revascularization procedures for symptomatic lower extremity occlusive disease. *J Vasc Surg* 2010; **51**: 1425-1435

- 4) Upchurch GR, Dimick JB, Wainess RM, et al: Diffusion of new technology in health care: the case of aorto-iliac occlusive disease. *Surgery* 2004; **136**: 812–818
- 5) Rowe VL, Lee W, Weaver FA, et al: Patterns of treatment for peripheral arterial disease in the United States: 1996–2005. *J Vasc Surg* 2009; **49**: 910–917
- 6) Goodney PP, Beck AW, Nagle J, et al: National trends in lower extremity bypass surgery, endovascular interventions, and major amputations. *J Vasc Surg* 2009; **50**: 54–60
- 7) Balzer JO, Gastinger V, Ritter R, et al: Percutaneous interventional reconstruction of the iliac arteries: primary and long-term success rate in selected TASC C and D lesions. *Eur Radiol* 2006; **16**: 124–131
- 8) Leville CD, Kashyap VS, Clair DG, et al: Endovascular management of iliac artery occlusion: extending treatment to TransAtlantic Inter-Society Consensus class C and D patients. *J Vasc Surg* 2006; **43**: 32–39
- 9) Porter JM, Eidemiller LR, Dotter CT, et al: Combined arterial dilatation and femorofemoral bypass for limb salvage. *Surg Gynecol Obstet* 1973; **137**: 409–412
- 10) Onohara T, Takano T, Takai M, et al: Long-term results of reconstructive surgery for the unilateral aortoiliac occlusive disease and future risk of contralateral iliac events. *Ann Vasc Dis* 2010; **3**: 60–67
- 11) Schneider PA, Caps MT, Ogawa DY, et al: Intraoperative superficial femoral artery balloon angioplasty and popliteal to distal bypass graft: an option for combined open and endovascular treatment of diabetic gangrene. *J Vasc Surg* 2001; **33**: 955–962
- 12) Onohara T, Arnold TE, Maekawa T, et al: Popliteal angioplasty as an adjunct to above-the-knee synthetic femoropopliteal bypass: comparison of long-term results with below-the-knee bypass. *Vasc Surg* 1999; **33**: 151–155
- 13) Baril DT, Chaer RA, Rhee RY, et al: Endovascular interventions for TASC II D femoropopliteal lesions. *J Vasc Surg* 2010; **51**: 1406–1412
- 14) Ihnat DM, Mills JL Sr: Current assessment of endovascular therapy for infrainguinal arterial occlusive disease in patients with diabetes. *J Vasc Surg* 2010; **52**: 92S–95S

## The Long-term Results of Hybrid Revascularization Procedures for Peripheral Arterial Disease

Toshihiro Onohara, Keiichi Akaiwa, and Tadashi Furuyama

Department of Vascular Surgery, Kyushu Medical Center, Fukuoka, Japan

**Key words:** hybrid revascularization procedure, peripheral arterial disease, open reconstructive procedure, endovascular therapy

The long-term results of 42 cases that underwent hybrid revascularization procedures for peripheral arterial disease were retrospectively reviewed. Of the 42 cases, open reconstructive procedures included 13 femorofermoal crossover bypasses, 9 femoral endarterectomies, and 20 infrainguinal bypasses. Endovascular therapy was performed for the inflow artery in all cases. The primary patency rates at 3 years were 89% for femorofermoal crossover bypass, 89% for femoral endarterectomy, and 73% for infrainguinal bypass. The long-term patency for the hybrid procedures was acceptable, compared with conventionally performed open procedures. (*J Jpn Coll Angiol*, 2011, **51**: 393–399)